



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 25 OCT. 2006

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Réservé à l'INPI</div>			
<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>5 NOV 2001</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0114261</b> DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>- 5 NOV. 2001</b>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b>          À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE    <b>BREVALEX</b>            3, rue du Docteur Lancereaux          75008 PARIS       </div>	
<b>Vos références pour ce dossier</b> <i>(facultatif)</i> SP 18415.69/DB DOS 1429			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i>		N°	Date <input style="width: 50px; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/>
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N°	Date <input style="width: 50px; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/>
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/>	N°
			Date <input style="width: 50px; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/>
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> PROCEDE DE VERIFICATION DU COMPORTEMENT DETERMINISTE D'UN RESEAU A COMMUTATION DE PAQUET.			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date <input style="width: 50px; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/> N°  Pays ou organisation Date <input style="width: 50px; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/> N°  Pays ou organisation Date <input style="width: 50px; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/> N°  <input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</b>	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</b>	
Nom ou dénomination sociale		AIRBUS FRANCE	
Prénoms			
Forme juridique		Société par Actions Simplifiée	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	316 route de Bayonne	
	Code postal et ville	31060	TOULOUSE
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANCAISE	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>5 NOV 2001</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0114261</b>		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : (facultatif)		SP 18415.69/DB DOS 1429DA	
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom		DU BOISBAUDRY	
Prénom		Dominique	
Cabinet ou Société		BREVALEX	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		CPI 95 304	
Adresse	Rue	3, rue du Docteur Lancereaux	
	Code postal et ville	75008	PARIS
N° de téléphone (facultatif)		01 53 83 94 00	
N° de télécopie (facultatif)		01 45 63 83 33	
Adresse électronique (facultatif)		spibrev@easynet.fr	
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) D. DUBOISBAUDRY C.P.I 95 304		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	

**PROCEDE DE VERIFICATION DU COMPORTEMENT DETERMINISTE  
D'UN RESEAU A COMMUTATION DE PAQUET**

**DESCRIPTION**

5

**Domaine technique**

La présente invention concerne un procédé de vérification du comportement déterministe d'un  
10 réseau à commutation de paquets, notamment dans le domaine avionique.

**Etat de la technique antérieure**

15 Les procédés décrits dans les documents de l'art connu, référencés [1], [2] et [3] en fin de description, sont basés sur des considérations statistiques qui sont adaptées aux réseaux de télécommunication terrestres mais qui sont  
20 difficilement acceptables dans un avion.

La présente invention a pour objet de permettre de vérifier qu'un réseau à commutation de paquets a bien un fonctionnement déterministe, notamment dans le domaine avionique.

25

**Exposé de l'invention**

L'invention propose un procédé de vérification du comportement déterministe d'un réseau à  
30 commutation de paquets comprenant des stations abonnés reliées entre elles au travers d'au moins un commutateur, un tel comportement étant dit déterministe au sens que tout paquet émis sur le réseau à partir d'une station abonné source rejoint la (ou les)  
35 station(s) abonné(s) destinataire(s) avec une durée qui

est bornée dans le temps, caractérisé en ce que l'on vérifie l'inégalité suivante pour chaque port de sortie de chaque commutateur du réseau :

$$5 \quad \sum_{\substack{i=\text{nombre de liens virtuels} \\ \text{traversant le buffer}}} \left[ 1 + \text{int} \left( \frac{(\text{Jitter In}) + \text{Latence max}}{\text{BAG}_i} \right) \right] * (\text{durée trame max}) \leq \text{Latence max}$$

dans laquelle :

- la valeur Latence max est la durée maximale de résidence dans le buffer de sortie d'un commutateur, cette valeur pouvant être différente pour  
10 chaque commutateur du réseau.

- BAG<sub>i</sub> représente le temps minimum séparant deux trames consécutives appartenant à un lien virtuel i, et ce avant leur émission sur le support physique.

- (Jitter In)<sub>i</sub> est le Jitter associé à un  
15 lien virtuel i, qui représente l'intervalle de temps entre l'instant théorique d'émission d'une trame et son émission effective qui peut être avant ou après l'instant théorique,

- (durée trame max)<sub>i</sub> est la durée de la  
20 trame la plus longue sur le lien virtuel i.

Dans un autre mode de réalisation on ajoute les liens virtuels un à un, en vérifiant après chaque ajout d'un lien virtuel que le fonctionnement de  
25 l'ensemble du réseau reste bien déterministe.

Dans le domaine avionique, l'invention permet de répondre à une exigence de sécurité primordiale lors du transport d'informations sur un avion, appelée "déterminisme". En effet, il est  
30 indispensable lorsqu'une donnée est envoyée à un destinataire qu'elle soit effectivement reçue dans un délai maximal qui soit connu.

Le procédé de l'invention présente l'avantage d'être extrêmement simple d'utilisation (une seule équation par port de sortie). Elle est analytique et ne demande que très peu d'informations sur les caractéristiques du réseau (latence maximum par commutateur, BAG, et gigue des abonnés).

L'invention est utile pour tous les réseaux à commutation de paquets dont on exige un certain niveau de qualité de service en terme de garantie d'acheminement des informations, par exemple : "Fast Ethernet", ATM ("Asynchronous Transfer Mode")...

L'aéronautique (civil et militaire), le spatial, la marine et le nucléaire apparaissent cependant comme des domaines d'utilisation privilégiés.

#### **Brève description des dessins**

La figure 1 illustre un modèle de nœud d'extrémité.

La figure 2 illustre la gigue (Jitter) pour un flux régulier.

Les figures 3A à 3C illustrent la position des trames à l'intérieur de leur fenêtre de gigue.

La figure 4 illustre un modèle de commutateur.

Les figures 5A à 5G illustrent le positionnement de la fenêtre glissante pour un exemple (BAG, Jitter In).

La figure 6 illustre un exemple de topologie.

La figure 7 illustre le nombre de liens virtuels pour la topologie illustrée sur la figure 6.

Les figures 8A et 8B illustrent un exemple d'agrégation de liens virtuels.

La figure 9 illustre un exemple de réalisation dans le domaine avionique.

### Exposé détaillé de modes de réalisation

5

L'invention concerne un procédé de vérification du comportement déterministe d'un réseau à commutation de paquet. Ce procédé permet de garantir qu'un tel réseau possède un comportement déterministe, au sens où tout paquet émis sur le réseau à partir d'un nœud source rejoint le ou les nœuds destinataires avec une durée qui est bornée dans le temps. Un tel procédé s'applique à tous les réseaux basés sur la commutation de paquets ou de trames ou de cellules. Il permet d'affirmer que la configuration d'un réseau, au travers des tables de routages des commutateurs et des flux de trames qui les traversent, est conforme avec un fonctionnement déterministe.

Dans la suite de la description, on appelle nœud d'extrémité ou "End System" un nœud d'un réseau qui est capable de générer et de recevoir des trames mais qui n'est pas un nœud intermédiaire (commutateur, routeur, pont,...) chargé d'acheminer les trames dans le réseau. Lorsqu'un nœud intermédiaire est la source d'un flux de trames qui est destiné à un ou plusieurs nœuds d'extrémité, il se comporte comme nœuds d'extrémité.

Un lien virtuel (VL) est une connexion logique entre un nœud d'extrémité source et un ou plusieurs nœuds d'extrémité destination.

30

Chaque lien virtuel possède une valeur propre appelé intervalle d'allocation de bande passante ("Bandwidth Allocation Gap" ou BAG), dont l'unité est la seconde, qui représente le temps minimum séparant deux trames consécutives appartenant au lien virtuel en

question et ce avant leur émission sur le support physique.

Un modèle de nœud d'extrémité est illustré sur la figure 1. En entrée on a des flux irréguliers de paquets 10 en provenance des applications (flux asynchrones entre les liens virtuels VL1, VL2, VL3). Les flux de paquets sont ensuite régulés grâce à des régulateurs 11 correspondant chacun à un lien virtuel afin d'espacer les paquets d'un intervalle BAG. Un 10 multiplexeur 12 permet ensuite de délivrer un flux de trames 13 sur le support physique 14.

La gigue(ou "Jitter") associée à un lien virtuel représente l'intervalle de temps entre l'instant théorique d'émission d'une trame (rapport au 15 BAG) et son émission effective qui peut être avant ou après l'instant théorique.

Le flux de trames d'un lien virtuel est entièrement caractérisé par le couple (BAG, Jitter max) où le Jitter max est la valeur maximale du Jitter 20 instantané qu'il est possible d'obtenir pour ce lien virtuel.

Dans la suite, le terme Jitter se réfère au Jitter max.

Pour un lien virtuel dont le flux est 25 maximal (toujours une trame à émettre) et régulier, on a une trame 20 exactement à chaque intervalle BAG, comme illustré sur la figure 2. La gigue associée à ce lien virtuel est nulle.

Dans le cas général, le début d'émission 30 d'une trame peut se trouver à n'importe quel endroit à l'intérieur de l'intervalle Jitter. En fait, si la trame 1 est retardée au passage dans le commutateur, puis quelques instants après la trame 2 du même lien virtuel est très peu retardée alors la valeur BAG n'est 35 plus respectée. Le flux de trames d'un même lien

virtuel possède donc une certaine gigue par rapport à la valeur BAG.

Les trois cas illustrés sur les figures 3A, 3B et 3C montrent la position des trames à l'intérieur de leur fenêtre de gigue.

La figure 3A illustre le cas  $\text{Jitter} < \text{BAG}$ .

La figure 3B illustre le cas  $\text{Jitter} = \text{BAG}$ . Lorsque  $\text{Jitter} = \text{BAG}$ , il y a une possibilité purement théorique de recouvrement d'une trame par une trame très en avance. Or, l'ordre d'émission étant garanti, cette possibilité est interdite car une trame émise après une autre trame ne peut chevaucher ou dépasser de façon temporelle cette dernière. Il y a donc apparition de deux trames côte à côte (appelé rafales de trame ou "burst").

La figure 3C illustre le cas  $\text{Jitter} > \text{BAG}$ . Les giges se chevauchent mutuellement et la trame 2 est transmise juste après la trame 1. Il y a apparition d'un "burst".

La gigue associée à chaque lien virtuel en sortie d'un nœud d'extrémité, qui vaut Jitter ES est due à la contention qui s'opère à la sortie du nœud d'extrémité où plusieurs flux régulés veulent avoir accès au même registre FIFO ("First in-First out") de sortie. Sa valeur dépend entre autre du nombre de liens virtuels liés au nœud d'extrémité.

Ainsi tous les liens virtuels sortant d'un nœud d'extrémité ont pour caractéristiques (BAG, Jitter ES).

Un modèle de commutateur est illustré sur la figure 4, avec des "buffers" ou tampons d'entrée 30, un démultiplexeur 31, un multiplexeur 32, et des "buffers" de sortie 33.

D'après ce modèle, on voit qu'en fonction de la configuration du commutateur (table de

"forwarding") et des caractéristiques des flux des liens virtuels arrivant dans les ports d'entrée, il y a "plus ou moins" de contention pour l'accès aux ports de sortie. Cette contention a pour effet de générer des  
 5 délais donc une pollution sur la caractéristique du flux de chaque lien virtuel au niveau des ports de sortie.

En fonction de la charge instantanée d'un commutateur, une trame peut soit y rester un temps  
 10 minimal (latence minimum) ou soit y rester un temps maximal (latence maximum du commutateur) ou soit toute durée intermédiaire.

Si la caractéristique du flux d'un lien virtuel entrant dans le commutateur est (BAG, Jitter  
 15 In) alors la perturbation majorante générée par le commutateur donne une nouvelle caractéristique pour le flux du même lien virtuel en sortie de commutateur : (BAG, Jitter Out (avec Jitter Out = Jitter In + latence max.

20 Afin de démontrer le déterminisme, il est nécessaire de dimensionner la taille des "buffers" de sortie pour ne perdre aucune trame avec pour point de départ une configuration de commutateur donnée et les caractéristiques des liens virtuels traversant le  
 25 commutateur.

Pour un lien virtuel donné, possédant la caractéristique (BAG, Jitter In), la formule donnant le nombre max de trames associées à ce lien virtuel qu'il peut y avoir pendant une fenêtre glissante FG d'une  
 30 durée de T secondes est :

$$N = 1 + \text{int} \left( \frac{\text{Jitter In} + T}{\text{BAG}} \right) \text{ unité = trames par fenêtre glissante T}$$

où la fonction  $\text{int}(x)$  est la fonction partie entière de  $x$  (pour arrondir à l'entier inférieur)

- pour  $x$  de  $[0,1[$ ,  $\text{int}(x)=0$
- pour  $x$  de  $[1,2[$ ,  $\text{int}(x)=1$
- 5     - ...

Si par exemple, on se donne un intervalle de référence  $T=1$  ms, cette formule implique :

-BAG=2 ms/Jitter In=0,5 ms  $\Rightarrow 1+\text{int}((0,5+1)/2)=1$  trame max/ms  
(voir la figure 5A)

10

-BAG=2 ms/Jitter In=1 ms  $\Rightarrow 1+\text{int}((1+1)/2)=2$  trames max/ms  
(voir la figure 5B). Dans ce cas, deux événements d'émission trame peuvent être présents pendant 1 ms et donc deux trames complètes peuvent se trouver dans le  
15     buffer (on aurait pu penser qu'il n'y avait qu'une seule trame pendant 1 ms).

-BAG=2 ms/Jitter In= 1,5 ms  $\Rightarrow 1+\text{int}((1,5+1)/2)=2$  trames max/ms  
(voir la figure 5C)

20

-BAG=2ms/Jitter In=2 ms  $\Rightarrow 1+\text{int}((2+1)/2)=2$  trames max/ms  
(voir figure 5D)

25     -BAG=2 ms/Jitter In=2,5 ms  $\Rightarrow 1+\text{int}((2,5+1)/2)=2$  trames max/ms  
(voir la figure 5E)

-BAG=2 ms/Jitter In= 3 ms  $\Rightarrow 1+\text{int}((3+1)/2)=3$  trames max/ms  
(voir la figure 5F)

30     -BAG=2 ms/Jitter In=4 ms  $\Rightarrow 1+\text{int}((4+1)/2)=3$  trames max/ms  
(voir la figure 5G).

Pour éviter une congestion du buffer de sortie d'un commutateur et ainsi ne jamais perdre de trames, il faut pour chaque port de sortie d'un commutateur et pour tous les commutateurs d'un réseau, que l'inégalité suivante soit vérifiée :

$$\sum_{i=\text{nombre de liens virtuels traversant le buffer}} \left[ 1 + \text{int} \left( \frac{(\text{Jitter In}) + \text{Latence max}}{\text{BAG}_i} \right) \right] * (\text{durée trame max}) \leq \text{Latence max}$$

La valeur latence max est la durée maximale de résidence dans le buffer de sortie d'un commutateur et elle peut être différente pour chaque commutateur du réseau. La partie de gauche représente la durée de toutes les trames de tous les liens virtuels qui peuvent résider dans le buffer de sortie d'un commutateur en prenant pour fenêtre glissante la durée latence max. Si cette inégalité est vérifiée alors il n'y a pas congestion et la caractéristique du flux d'un lien virtuel se trouve transformée de (BAG, Jitter In) en (BAG, Jitter Out = Jitter In + latence max). En d'autres termes, la configuration du commutateur est en accord avec les performances du commutateur (latence max).

#### Application à un réseau simple

Une topologie est illustrée sur la figure 6. On considère que chaque nœud d'extrémité ES1, ES2, ES3 ou ES4 possède des liens virtuels qui vont vers tous les autres nœuds d'extrémité (cas de "broadcast"). Chaque nœud d'extrémité possède un nombre identique  $N_i$  de liens virtuels avec pour caractéristiques  $\text{BAG} = 2 \text{ ms}$  et  $\text{Jitter ES} = 0,5 \text{ ms}$ .

Le schéma représentant le nombre  $N_i$  de lien virtuels sur chaque lien simple est illustré sur la figure 7.

Les calculs sont les suivants :

Sur les deux liens centraux :

$$N1[1+\text{int}((0,5+1)/2)]*15,52+N2[1+\text{int}((0,5+1)/2)]*15,52<1000 \mu\text{s}$$

$$(N1+N2)*15,52<1000 \mu\text{s}$$

5 Il en est de même sur l'autre lien :

$$(N3+N4)*15,52<1000 \mu\text{s}$$

Sur le lien montant vers ES1, on a :

$$N2[1+\text{int}((0,5+1)/2)]*15,52+N3[1+\text{int}((1,5+1)/2)]*15,52+N4$$

$$10 [1+\text{int}((1,5+1)/2)]*15,52<1000 \mu\text{s}$$

$$N2*15,52+2*(N3+N4)*15,52<1000 \mu\text{s}$$

Il en est de même sur les autres liens montants avec les nœuds d'extrémité appropriés.

D'autre part, on a l'équation :  $N1=N2=N3=N4$ , d'où

$$15 5.N1.15,52<1000 \mu\text{s}$$

$$N1=N2=N3=N4=12 \text{ liens virtuels}$$

Le nombre de liens virtuels sur un lien montant vers un nœud d'extrémité est donc de  $3*12=36$  liens virtuels. Une taille de trame de 174 octets donne un débit physique pour un lien virtuel à BAG=2 ms de :

$$1000/2*(174+20)*8=776\ 000 \text{ bit/s. D'où } 36 \text{ liens virtuels}$$

correspondent à un débit physique de  $36*776\ 000=27,936$  Mbit/s

25 Il apparaît que le majorant de la perturbation engendrée par un commutateur choisi a divisé par plus de 3 le débit physique théorique que l'on aurait pu trouver sur le lien (100 Mbits/s).

30 Il est particulièrement important de noter qu'un lien virtuel avec un BAG de 128 ms coûte pour le réseau autant qu'un lien virtuel avec un BAG de 4 ms par exemple (si la gigue est inférieure à 2). Ceci est dû au 1 dans la formule  $1+\text{int}(\text{Jitter}+T)/\text{BAG}$ .

Dans un autre mode de réalisation avantageux du procédé de l'invention, on utilise une démarche incrémentale : on ajoute les liens virtuels un à un, en vérifiant après chaque ajout d'un lien virtuel  
 5 que le fonctionnement de l'ensemble du réseau reste bien déterministe.

#### Agrégation de liens virtuels

Pour remédier au désavantage décrit ci-dessus, une optimisation possible est d'agréger  
 10 plusieurs liens virtuels pour former un seul super lien virtuel qui sert de base dans le calcul de non-congestion.

On entend par agrégation le fait de re-réguler plusieurs liens virtuels de grand BAG avec une  
 15 valeur de faible BAG pour faire comme si les liens virtuels de faible débit se comportaient comme un seul lien virtuel de plus grand débit.

Un exemple est illustré sur la figure 8A.  
 20 On a quatre liens virtuels VL1, VL2, VL3 et VL4 à BAG=2 ms et trois liens virtuels VL5, VL6 et VL7 à BAG=8 ms.

Le premier 40 des sept régulateurs 41 joue le rôle de lisseur pour les liens virtuels à BAG=8 ms. Comme la gigue de 0,5 ms est garanti pour le flux en  
 25 sortie de ce régulateur alors les liens virtuels à BAG=8 ms possèdent également la même valeur de gigue. Par contre, il est clair que ce modèle génère plus de latence pour les liens virtuels à BAG=8 ms.

Pour que le lissage soit possible, il faut  
 30 vérifier la condition de non saturation du premier régulateur:

Nombre de liens virtuels à lisser x BAG  
 lissage  $\leq \min(\text{BAG}_{\text{lien virtuel}})$

Cette agrégation de liens virtuels  
 35 n'entraîne aucune perte de ségrégation. Elles permet

d'obtenir un flux de paquets illustré sur la figure 8B, les numéros indiqués étant ceux des liens virtuels.

En utilisant le procédé de l'invention, il est donc tout à fait possible d'avoir un grand nombre de liens virtuels sur un lien physique tout en conservant la propriété de non congestion évoquée.

La figure 9 illustre un exemple de réalisation dans le domaine avionique permettant de mettre en œuvre le procédé de l'invention. Dans cet exemple, un premier commutateur 50 est relié d'une part à un premier écran graphique 51 (paramètres de vol) et à un second écran graphique (paramètres de vol et maintenance), et d'autre part à un second commutateur 53 lui-même relié à un générateur de paramètres de vol 54 et à un calculateur de maintenance avion 55.

**REFERENCES**

- 5 [1] "Queuing delays in rate controlled networks" de Barnejea et S. Keshav (Proceedings of IEEE INFOCOM'93, pages 547-556, San Francisco, CA, Avril 1993).
- 10 [2] "A calculus for network delay" de R. Cruz (Part 1 Network elements in isolation. IEEE Transaction of Information Theory, 37(1), pages 121-141, 1991)
- [3] "A calculus for network delay" de R. Cruz (Part II: Network analysis. IEEE Transaction of Information Theory, 37(1), pages 121-141, 1991).

## REVENDICATIONS

1. Procédé de vérification du comportement déterministe d'un réseau à commutation de paquets comprenant des stations abonnés reliées entre elles au travers d'au moins un commutateur, un tel comportement étant dit déterministe au sens que tout paquet émis sur le réseau à partir d'une station abonné source rejoint la (ou les) station(s) abonné(s) destinataire(s) avec une durée qui est bornée dans le temps, caractérisé en ce que l'on vérifie l'inégalité suivante pour chaque port de sortie de chaque commutateur du réseau :

$$\sum_{i=\text{nombre de liens virtuels traversant le buffer}} \left[ 1 + \text{int} \left( \frac{(\text{Jitter In}) + \text{Latence max}}{\text{BAG}_i} \right) \right] * (\text{durée trame max}) \leq \text{Latence max}$$

15

dans laquelle :

- la valeur Latence max est la durée maximale de résidence dans le buffer de sortie d'un commutateur, cette valeur pouvant être différente pour chaque commutateur du réseau.

- BAG<sub>i</sub> représente le temps minimum séparant deux trames consécutives appartenant à un lien virtuel i, et ce avant leur émission sur le support physique.

- (Jitter In)<sub>i</sub> est le Jitter associé à un lien virtuel i, qui représente l'intervalle de temps entre l'instant théorique d'émission d'une trame et son émission effective qui peut être avant ou après l'instant théorique.

- (durée trame max)<sub>i</sub> est la durée de la trame la plus longue sur le lien virtuel i.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on ajoute les liens virtuels un à un, en

vérifiant après chaque ajout d'un lien virtuel que le fonctionnement de l'ensemble du réseau reste bien déterministe.

1/5

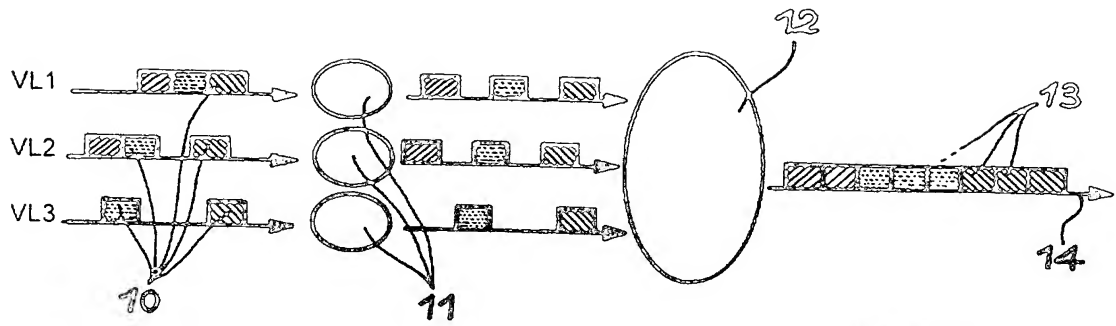


FIG. 1

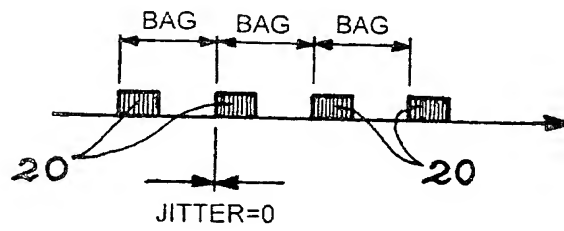


FIG. 2

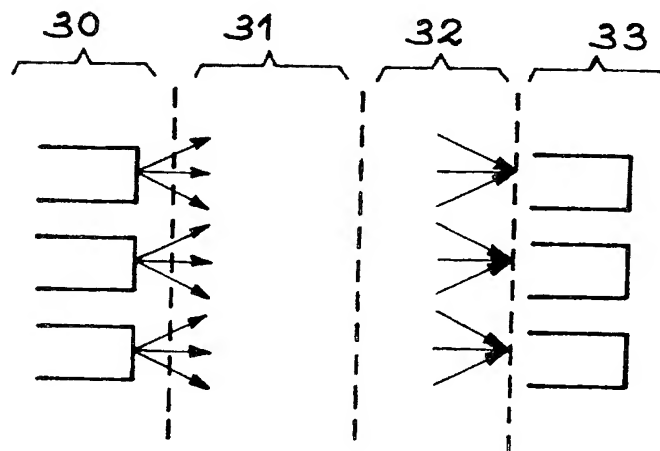


FIG. 4

2/5

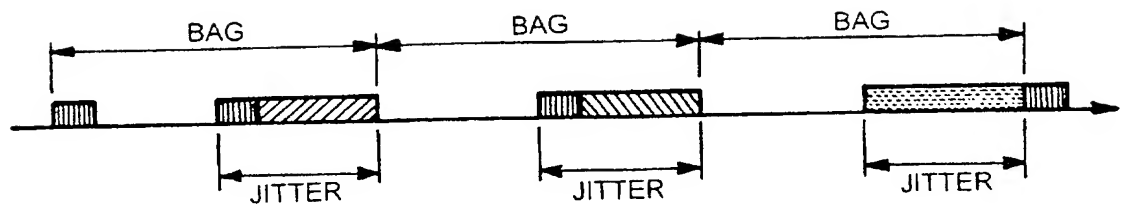


FIG. 3A

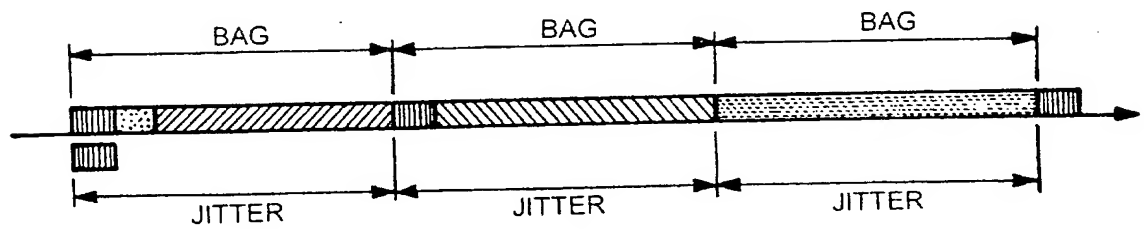


FIG. 3B

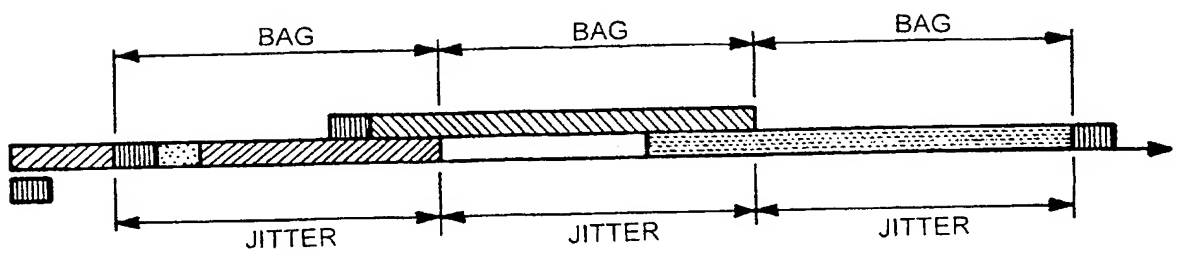


FIG. 3C

3/5

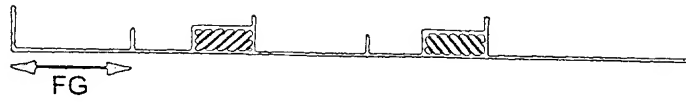


FIG. 5A



FIG. 5B

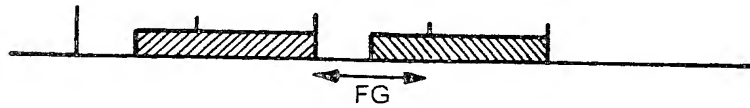


FIG. 5C

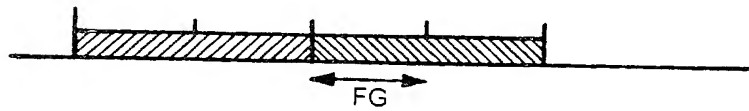


FIG. 5D

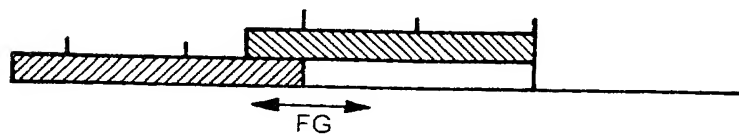


FIG. 5E

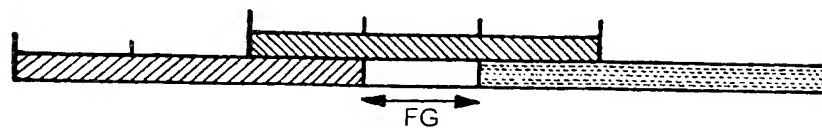


FIG. 5F

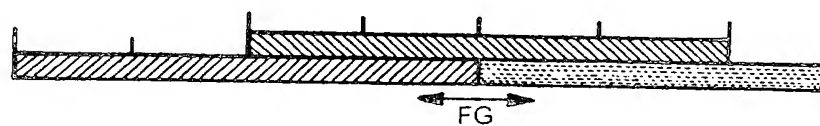


FIG. 5G

4/5

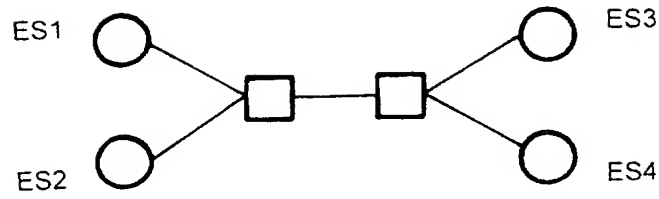


FIG. 6

FIG. 7

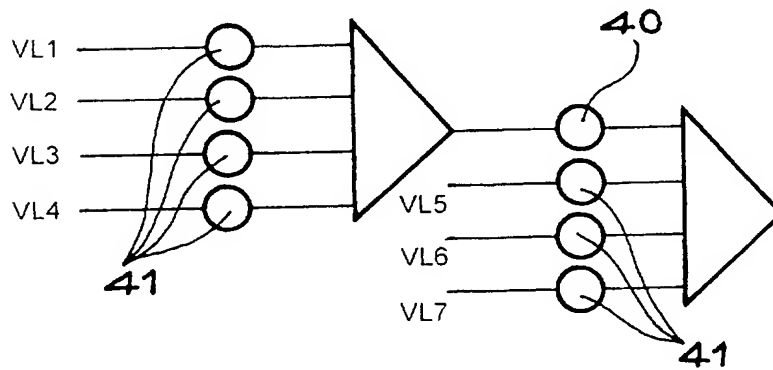
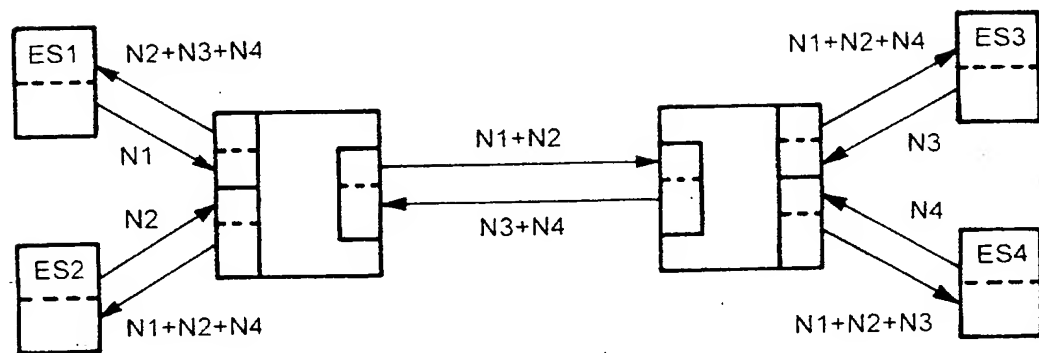


FIG. 8A

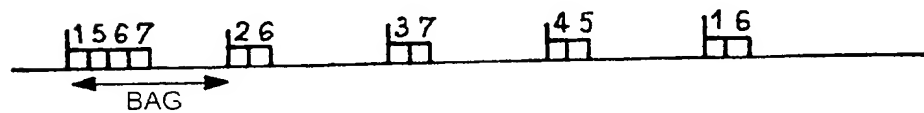


FIG. 8B

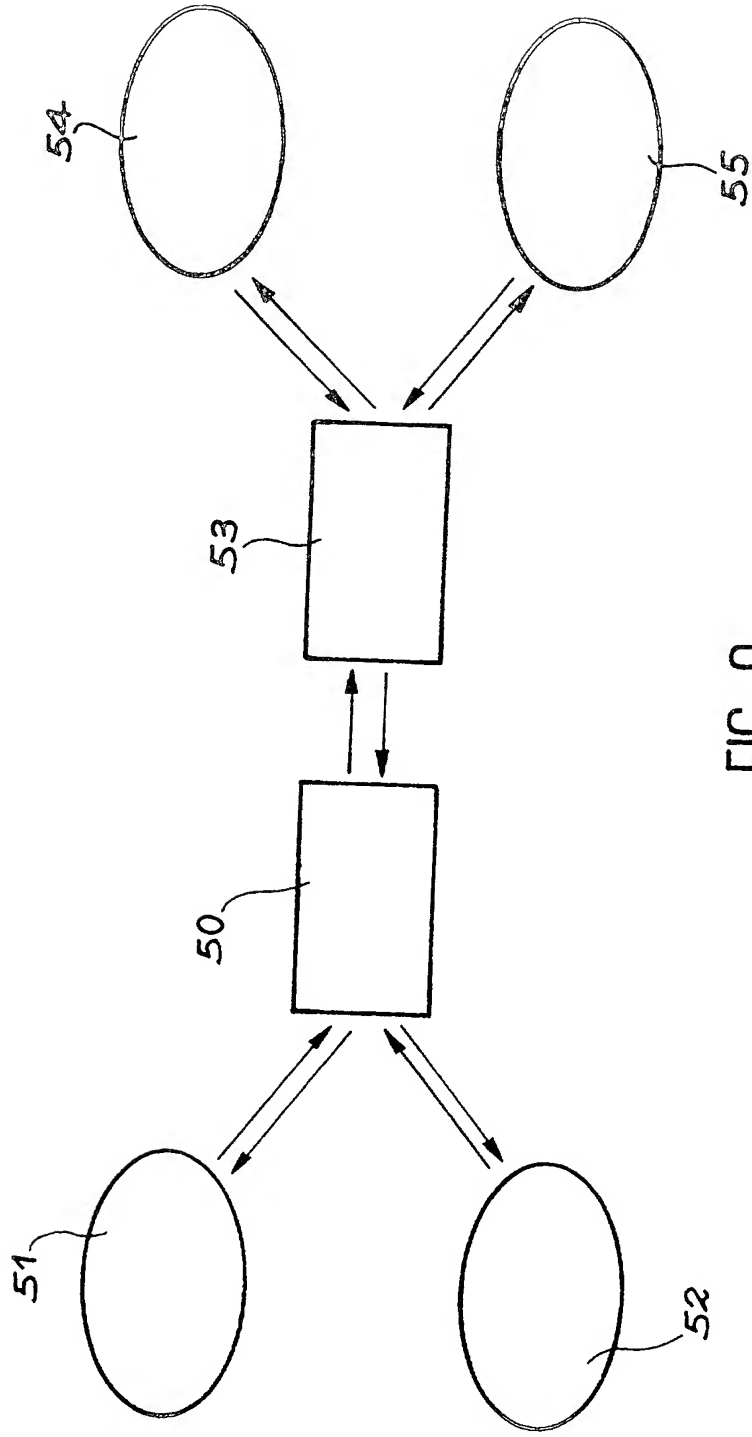


FIG. 9

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

## DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		SP18415.69/DB DOS 1429DA	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		01.14261 du 05.11.2001	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE DE VERIFICATION DU COMPORTEMENT DETERMINISTE D'UN RESEAU A COMMUTATION DE PAQUET.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> AIRBUS FRANCE 316 route de Bayonne 31060 TOULOUSE			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		SAINT ETIENNE	
Prénoms		Jean-François	
Adresse	Rue	24, chemin Bazardens	
	Code postal et ville	31270	CUGNAUX
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		LOPEZ	
Prénoms		Juan	
Adresse	Rue	Apt 37 - 16 Impasse René Fonck	
	Code postal et ville	31300	TOULOUSE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		PORTES	
Prénoms		Dominique	
Adresse	Rue	13, Allée de la Gerbière	
	Code postal et ville	31320	AUZEVILLE TOLOSANE
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) PARIS LE 6 NOVEMBRE 2001 D. DU BOISBAUDRY CPI 950304			

**DÉPARTEMENT DES BREVETS**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 2. / 2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier  
(facultatif)

SP18415.69/DB DOS 1429DA

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

01.14261 du 05.11.2001

**TITRE DE L'INVENTION** (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE DE VERIFICATION DU COMPORTEMENT DETERMINISTE D'UN RESEAU A  
COMMUTATION DE PAQUET

**LE(S) DEMANDEUR(S) :**

AIRBUS FRANCE  
316 route de Bayonne  
31060 TOULOUSE

**DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :** (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).

Nom

GAMBARDELLA

Prénoms

Eddie

Adresse

Rue

27 chemin de Barrieu

Code postal et ville

31700 | BLAGNAC

Société d'appartenance (facultatif)

Nom

PASQUIER

Prénoms

Bruno

Adresse

Rue

Lieu-dit l'Allègre

Code postal et ville

31530 | THIL

Société d'appartenance (facultatif)

Nom

ALMEIDA

Prénoms

Philippe

Adresse

Rue

12 rue Jean Rancy

Code postal et ville

31000 | TOULOUSE

Société d'appartenance (facultatif)

**DATE ET SIGNATURE(S)**

**DU (DES) DEMANDEUR(S)**

**OU DU MANDATAIRE**

(Nom et qualité du signataire)

PARIS LE 6 NOVEMBRE 2001

D. DU BOISBAUDRY CPI 940304